

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4548183号
(P4548183)

(45) 発行日 平成22年9月22日 (2010. 9. 22)

(24) 登録日 平成22年7月16日 (2010. 7. 16)

(51) Int. Cl.	F 1
FO2D 17/02 (2006.01)	FO2D 17/02 A
FO2B 1/12 (2006.01)	FO2D 17/02 N
FO2B 75/18 (2006.01)	FO2D 17/02 R
FO2D 21/08 (2006.01)	FO2B 1/12
FO2D 41/02 (2006.01)	FO2B 75/18 N
請求項の数 5 (全 14 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2005-101920 (P2005-101920)	(73) 特許権者	000003137
(22) 出願日	平成17年3月31日 (2005. 3. 31)		マツダ株式会社
(65) 公開番号	特開2006-283601 (P2006-283601A)		広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号
(43) 公開日	平成18年10月19日 (2006. 10. 19)	(74) 代理人	100067828
審査請求日	平成20年1月31日 (2008. 1. 31)		弁理士 小谷 悦司
		(74) 代理人	100096150
			弁理士 伊藤 孝夫
		(74) 代理人	100099955
			弁理士 樋口 次郎
		(72) 発明者	山川 正尚
			広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ
			株式会社内
		(72) 発明者	西本 敏朗
			広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ
			株式会社内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 火花点火式エンジンの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

混合気を燃焼させる複数の気筒と、
 各気筒の筒内温度を高める筒内加熱手段と、
 エンジンの運転状態を検出する運転状態検出手段と、
 運転状態検出手段の検出に基づいて、筒内加熱手段を制御することにより、所定の運転領域で圧縮自己着火運転を実行する制御手段と
 を備えた火花点火式ガソリンエンジンの制御装置において、
 気筒毎に燃料噴射を制御可能な燃料噴射手段と、
 噴射された燃料と空気の混合気に点火する点火手段と
 を設け、

所定の部分負荷運転領域では、稼働気筒の筒内温度を高めて圧縮自己着火運転を実行するとともに、前記部分負荷運転領域のうち所定の低負荷側では、一部の気筒のみを稼働させる減筒運転を実行する一方、前記所定の低負荷を越える部分負荷運転領域では、稼働する気筒が増加するように前記制御手段が筒内加熱手段、燃料噴射手段および点火手段を制御し、

前記所定の低負荷側と高負荷側の切換え点は、減筒の場合に稼働気筒によるノッキング発生頻度が高くなる所定の最大熱発生率に達する負荷に設定されていることを特徴とする火花点火式エンジンの制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の火花点火式エンジンの制御装置において、
前記所定の低負荷側の運転領域は、温間のアイドル運転時であることを特徴とする火花点火式エンジンの制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の火花点火式エンジンの制御装置において、
既燃ガスの一部を吸気通路に還流する外部 EGR 装置を備え、
前記圧縮自己着火運転を実行する運転領域では、少なくとも高負荷側で外部 EGR を導入するとともに、前記所定の低負荷側の運転領域では、EGR ガスの導入を停止するように制御手段が外部 EGR 装置を制御するものであることを特徴とする火花点火式エンジンの制御装置。

10

【請求項 4】

請求項 3 記載の火花点火式エンジンの制御装置において、
全気筒が稼働している圧縮自己着火運転時に EGR ガスが導入されるよう制御手段が外部 EGR 装置を制御するものであることを特徴とする火花点火式エンジンの制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の火花点火式エンジンの制御装置において、
制御手段によって空燃比を調整する空燃比調整手段を設け、
前記部分負荷運転領域よりも高負荷側では、強制着火運転を実行するとともに、圧縮自己着火運転時の空燃比を理論空燃比よりもリーンになるように制御手段が空燃比調整手段を制御するものであることを特徴とする火花点火式エンジンの制御装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は火花点火式エンジンの制御装置に関し、特に、予混合圧縮自己着火燃焼（HC I : Homogeneous - Charge Compression - Ignition combustion。この明細書で「圧縮自己着火」という）を行わせる運転モードを有する火花点火式エンジンの制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

火花点火式のエンジンにおいて、圧縮自己着火タイミングを促進するために、吸気を加熱する吸気加熱手段を有するエンジンが知られている。例えば特許文献 1 に開示された技術では、火花点火で強制着火を実行する高負荷運転から圧縮自己着火運転を実行する低負荷運転へ移行する際には、混合気の温度を上げて空燃比をリーンに変化させる一方、低負荷運転から高負荷運転へ移行する際には、混合気の温度を下げて空燃比をリッチ側に変化させることにより、失火領域とノッキング領域との間でポンピングロスの低下とノッキング防止との両立を図っている。

30

【特許文献 1】特開 2003-269201 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ところで低負荷側で圧縮自己着火運転を実行するためには、相当、筒内温度を高める必要がある。しかし、筒内温度が所定の温度（例えば 250℃）を越えると、今度は最大熱発生率（（J/deg・m³）MAX）が圧縮上死点前で発生してしまうので、エンジンに逆トルクが作用するという問題があった。

40

【0004】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、低負荷側の運転領域においても、燃費のよい圧縮自己着火運転を実行可能な火花点火式エンジンの制御装置を提供することを課題としている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

50

上記課題を解決するために本発明は、混合気を燃焼させる複数の気筒と、各気筒の筒内温度を高める筒内加熱手段と、エンジンの運転状態を検出する運転状態検出手段と、運転状態検出手段の検出に基づいて、筒内加熱手段を制御することにより、所定の運転領域で圧縮自己着火運転を実行する制御手段とを備えた火花点火式ガソリンエンジンの制御装置において、気筒毎に燃料噴射を制御可能な燃料噴射手段と、噴射された燃料と空気の混合気に点火する点火手段とを設け、所定の部分負荷運転領域では、稼働気筒の筒内温度を高めて圧縮自己着火運転を実行するとともに、前記部分負荷運転領域のうち所定の低負荷側では、一部の気筒のみを稼働させる減筒運転を実行する一方、前記所定の低負荷を越える部分負荷運転領域では、稼働する気筒が増加するように前記制御手段が筒内加熱手段、燃料噴射手段および点火手段を制御し、前記所定の低負荷側と高負荷側の切換え点は、減筒の場合に稼働気筒によるノッキング発生頻度が高くなる所定の最大熱発生率に達する負荷に設定されていることを特徴とする火花点火式エンジンの制御装置である。この態様では、部分負荷運転領域では、いわゆる圧縮自己着火運転が実行されることにより、燃費や排気性能の向上を図ることができる。さらに圧縮自己着火運転が実行される運転領域において、所定の低負荷側では、減筒運転が実行されるので、稼働中の気筒一つ当たりの負荷が増幅されるため、比較的筒内温度が低温であっても、燃焼安定性が向上する。この結果、圧縮自己着火運転が最も不安定になりやすいエンジン低負荷運転領域において、比較的低い筒内温度で圧縮自己着火を実現することが可能になるので、筒内温度を高めることによる過早着火を回避し、燃費の向上を低負荷運転領域で維持することが可能になる。他方、運転状態が所定の負荷以上の高負荷側に移行した場合には、気筒の稼働率を上げるようにしているので、高負荷時のノッキングを防止することも可能になる。また、燃費のよい運転領域を多用することが可能になる。すなわち、本件発明者が鋭意研究の結果、稼働気筒のノッキング限界は、所定の筒内温度と空燃比によって、一定の最大熱発生率（（J/deg・m3）MAX）のところで発生することがわかった。そこで、稼働気筒によるノッキング発生頻度が高くなる所定の最大熱発生率に基づいて上記切換え点を設定することにより、圧縮自己着火運転の実行可能な運転領域を高負荷側に拡張し、燃費のよい運転領域を多用することが可能となるのである。

【0006】

好ましい態様において、前記所定の低負荷側の運転領域は、温間のアイドル運転時である。この態様では、運転頻度が高いアイドル運転領域から圧縮自己着火による燃費の改善と排気性能の向上とを図ることが可能になる。

【0007】

好ましい態様において、既燃ガスの一部を吸気通路に還流する外部EGR装置を備え、前記圧縮自己着火運転を実行する運転領域では、少なくとも高負荷側で外部EGRを導入するとともに、前記所定の低負荷側の運転領域では、EGRガスの導入を停止するように制御手段が外部EGR装置を制御するものである。この態様では、圧縮自己着火運転時において、高負荷側の運転領域では、外部EGRガスが導入されることにより、不活性ガスによる筒内温度の上昇を抑制し、ノッキングを回避することができるので、圧縮自己着火運転が可能な運転領域を高負荷側に拡大することが可能になるとともに、アイドル運転時等、低負荷側の運転領域では、EGRガスが停止されることにより、高い燃費を維持することが可能になる。また、この低負荷運転領域では、圧縮自己着火運転が実行されているので、EGRガスが導入されていなくても、高い排気性能を維持することが可能になる。

【0008】

好ましい態様において、全気筒が稼働している圧縮自己着火運転時にEGRガスが導入されるよう制御手段が外部EGR装置を制御するものである。この態様では、圧縮自己着火運転時のノッキング限界をより高負荷時に拡大することが可能になる。

【0010】

好ましい態様において、制御手段によって空燃比を調整する空燃比調整手段を設け、前記部分負荷運転領域よりも高負荷側では、強制着火運転を実行するとともに、圧縮自己着火運転時の空燃比を理論空燃比よりもリーンになるように制御手段が空燃比調整手段を制

10

20

30

40

50

御するものである。この態様では、圧縮自己着火運転が実行される運転領域では、空燃比が理論空燃比よりもリーンに設定されるので、ノッキングの回避と燃費改善の両立を図ることが可能になる。

【発明の効果】

【0011】

以上説明したように、本発明によれば、所定の低負荷側では、減筒運転が実行され、比較的筒内温度が低温であっても、燃焼安定性が向上するので、筒内温度を高めることによる過早着火を回避し、燃費の向上を低負荷運転領域で維持することが可能になるという顕著な効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0012】

以下、添付図面を参照しながら本発明の好ましい実施の形態について説明する。

【0013】

図1は、本発明の実施の一形態に係る制御装置10の概略構成を示す構成図であり、図2は図1に係る4サイクルガソリンエンジン20の一つの気筒の構造を示す断面略図である。

【0014】

図1および図2を参照して、図示の制御装置10は、4サイクルガソリンエンジン20と、このエンジン20を制御するためのコントロールユニット100とを備えている。

【0015】

20

エンジン20は、クランクシャフト21を回転自在に支持するシリンダブロック22と、シリンダブロック22の上部に配置されたシリンダヘッド23とを一体的に有しており、これらシリンダブロック22およびシリンダヘッド23には、複数の気筒24が設けられている。

【0016】

各気筒24には、コンロッド25を介してクランクシャフト21に連結されたピストン26と、ピストン26が気筒24内に形成する燃焼室27とが設けられている。本実施形態において、各気筒24の幾何学的圧縮比は14に設定されている。

【0017】

図3は気筒24を拡大して示す平面略図である。

30

【0018】

図3を参照して、シリンダヘッド23の下面には、気筒24毎に燃焼室27の天井部が構成され、この天井部は中央部分からシリンダヘッド23の下端まで延びる2つの傾斜面を有するいわゆるペントルーフ型となっている。

【0019】

前記燃焼室27の天井部には各々独立した2つの吸気ポート28および排気ポート29が概ね対称形に開口しており、各ポート28、29の開口端に吸気弁30および排気弁31が設けられている。

【0020】

燃焼室27の側部には、コントロールユニット100からの燃料噴射パルスを受けて、このパルス幅に対応する燃料を燃焼室27に噴射する燃料噴射弁32が設けられている。

40

【0021】

図2も参照して、各気筒24には、シリンダヘッド23に固定され、燃焼室27内にスパークを発する3個の点火プラグ34が配設されている。各点火プラグ34は、ピストン26の稜線部分と平行なシリンダ直径沿いに並んでおり、中央のものがシリンダボア中心Z上に配置され、両側のものが燃焼室27の側縁に配置されている。各点火プラグ34には、電子制御による点火タイミングのコントロールが可能な点火回路35が接続されており、この点火回路35がコントロールユニット100に制御されることにより、点火プラグ34は、選択的に点火制御されるようになっている。

【0022】

50

次に図 2 を参照して、各気筒 2 4 の吸気弁 3 0 および排気弁 3 1 には、それぞれ公知のタペットユニット 3 6 が設けられている。タペットユニット 3 6 は、シリンダヘッド 2 3 に設けられた動弁機構のカム軸 3 7、3 8 のカム 3 7 a、3 8 a によって、周期的に駆動されるものである。また、吸気弁 3 0 に対する動弁機構には、吸気弁 3 0 の開閉タイミングを変更可能とする可変バルブタイミング機構 4 0 が設けられている。この可変バルブタイミング機構 4 0 は、吸気弁開時期を吸気上死点付近とする第 1 のタイミングとこれよりも吸気弁開時期を進角させた第 2 のタイミングとにわたり、運転状態に応じてバルブタイミングを変更するものである。

【0023】

次に、図 1 および図 2 を参照して、エンジン 2 0 の吸気ポート 2 8 には、インテークマニホールド 4 2 の分岐吸気管 4 3 が接続している。分岐吸気管 4 3 は、気筒 2 4 毎に設けられており、それぞれがインテークマニホールド 4 2 に等長の吸気経路を形成した状態で接続されている。図示の実施形態において、各気筒 2 4 には、2 つ一組の吸気ポート 2 8 が形成されており、前記分岐吸気管 4 3 の下流端は、各気筒 2 4 の吸気ポート 2 8 に対応して二股に形成されている。分岐吸気管 4 3 の上流側合流部分には、開閉弁 4 4 が設けられている。開閉弁 4 4 は、三方電磁弁で具体化されたものであり、アクチュエータ 4 5 によって、個別に分岐吸気管 4 3 の集合部分を所望量だけ開閉できるように構成されている。他方、二股に分岐した分岐吸気管 4 3 の一方の分岐部分には、図 2 に示すように周知のスワール生成用開閉弁 4 3 a が設けられている。このスワール生成用開閉弁 4 3 a はアクチュエータ 4 3 b により駆動されて開閉作動するもので、このスワール生成用開閉弁 4 3 a により当該分岐吸気管 4 3 の一方の分岐部分が閉じられたときは他方の分岐部分を通る吸気によって燃焼室 2 7 内にスワールが生成され、スワール生成用開閉弁 4 3 a が開かれるにつれてスワールが弱められるようになっている。

【0024】

インテークマニホールド 4 2 の上流側には、新気をインテークマニホールド 4 2 内部に導入するための吸気通路 4 6 が接続されている。この吸気通路 4 6 には、スロットルバルブ 4 7 が設けられている。このスロットルバルブ 4 7 の上流側には、三方電磁弁 4 8 が設けられており、この三方電磁弁 4 8 に接続されたバイパス通路 4 9 には、筒内加熱手段としてのヒータ 5 0 が設けられている。従って、三方電磁弁 4 8 を切換えることにより、外気の新気をそのままインテークマニホールド 4 2 に導入したり、ヒータ 5 0 で加温された空気をインテークマニホールド 4 2 に導入したりすることができるようになっている。

【0025】

次に、図 1 に示すように、排気ポート 2 9 には、各気筒 2 4 に 2 つ一組で形成された二股状の分岐排気管 5 1 が接続されている。各分岐排気管 5 1 の下流端は、エキゾーストマニホールド 5 2 に接続されている。このエキゾーストマニホールド 5 2 には、既燃ガスを排出する排気通路 5 3 が接続されている。

【0026】

インテークマニホールド 4 2 とエキゾーストマニホールド 5 2 との間には、排気された既燃ガスをインテークマニホールド 4 2 に還流させる外部 EGR システム 6 0 が設けられている。

【0027】

外部 EGR システム 6 0 は、インテークマニホールド 4 2 とエキゾーストマニホールド 5 2 との間に形成された還流通路 6 1 に接続され、EGR クーラ 6 2 と、EGR 弁 6 3 と、EGR 弁 6 3 を駆動するアクチュエータ 6 4 とを備えた公知のバルブシステムである。

【0028】

図 4 は図 1 の実施形態に係る筒内加熱手段としての筒内加熱システム 7 0 の構成を示す構成図である。

【0029】

同図を参照して、吸気通路 4 6 には、加熱通路 7 1 が分岐接続されている。この加熱通路 7 1 の途中には、冷却水熱交換器 7 2 と、排気熱交換器 7 3 が接続されている。

【0030】

加熱通路71は、各熱交換器72、73を経て吸熱した熱を吸気側に還流するためのものである。加熱通路71の下流側には、気筒24毎に分岐した分岐管71aが設けられ、各分岐管71aは、対応する開閉弁44の吸気側のポートに接続されている。

【0031】

冷却水熱交換器72は、エンジン20の水冷システム74に接続されて、エンジン20からラジエータ（図示せず）に還流する冷却水が吸収した熱を、加熱通路71を通る吸気に吸収させるためのものである。

【0032】

排気熱交換器73は、エンジン20の排気通路53に接続されて、既燃ガスの熱を、加熱通路71を通る吸気に吸収させるためのものである。排気熱交換器73は、加熱通路71において、冷却水熱交換器72の下流側に配置されている。

10

【0033】

本実施形態において、上述したヒータ50と、これら熱交換器72、73が、筒内加熱システム70の主要部を構成している。

【0034】

図1を参照して、エンジン20の運転状態を検出するために、吸気通路46には、エアフローセンサSW1が設けられ、開閉弁44の下流には筒内温度を予測するための吸気温度センサSW2（図2参照）が設けられている。また、シリンダブロック22には、クランクシャフト21の回転数を検出するクランク角センサSW3および冷却水の温度を検出するエンジン水温センサSW4が設けられている（図2参照）。さらに、排気通路53には、空燃比を制御するための酸素濃度センサSW5が設けられている。さらにヒータ50および排気熱交換器73には、それぞれ温度センサSW7、SW8が設けられており、ヒータ50で加熱されたバイパス通路49内の吸気の温度と、加熱通路71内の吸気の温度とを検出することができるようになっている。

20

【0035】

エンジン20には、制御手段としてのコントロールユニット100が設けられている。このコントロールユニット100には、エアフローセンサSW1、吸気温度センサSW2、クランク角センサSW3、エンジン水温センサSW4、酸素濃度センサSW5、エンジン負荷を検出するためのアクセル開度センサSW6、並びに温度センサSW7、SW8が入力要素として接続されている。これら各センサSW1～SW8は、何れも本実施形態における運転状態検出センサの具体例である。他方、コントロールユニット100には、可変バルブタイミング機構40、スワール生成用開閉弁43aのアクチュエータ43b、開閉弁44のアクチュエータ45、スロットルバルブ47のアクチュエータ、吸気通路46の三方電磁弁48、ヒータ50、外部EGRシステム60のアクチュエータ64が制御要素として接続されている。

30

【0036】

図1を参照して、コントロールユニット100は、CPU101、メモリ102、インターフェース103並びにこれらのユニット101～103を接続するバス104を有するものであり、メモリ102に記憶されるプログラム並びにデータによって、運転状態を判定する運転状態判定手段を機能的に構成している。

40

【0037】

図5は、図1の実施形態に係る運転状態に応じた制御を行うための運転領域設定の一例を示す特性図である。

【0038】

図5を参照して、図示の実施形態では、エンジン回転数Nが部分負荷運転領域Dにおいて、圧縮自己着火運転を実行し、残余の領域では、火花点火による強制着火運転を実行するように設定されている。

【0039】

圧縮自己着火運転を実行する運転領域Dにおいて、所定の低負荷側の運転領域D₁では

50

、一部の気筒 2 4 のみが稼働する減筒運転が実施される。この低負荷側の運転領域 D_1 で減筒運転を実行することにより、アイドル運転時等、燃焼安定性の悪い低負荷側において、稼働中の一気筒当たりの負荷を相対的に増加することができ、筒内温度 T を上昇させるまでもなく、燃焼安定性を向上することが可能になる。図示の例では、直列 4 気筒エンジンを採用しているの、減筒運転時に稼働する気筒 2 4 は、間に挟まれている第 2、第 3 気筒が選択される。これにより、図示の実施形態では、比較的放熱しにくい高温側の気筒 2 4 を有効利用して、圧縮自己着火運転を実行することが可能になる。

【0040】

他方、所定負荷よりも高負荷側の運転領域 D_2 では、全気筒 2 4 が稼働して圧縮自己着火運転が実行される。なお、運転領域 D をさらに高負荷側に広く取り、運転領域 D_2 をさらに細かく分割して、多段階で、減筒運転を行ってもよい。例えば、V 6、V 8 型エンジンでは、第 2、第 3、第 6 気筒のみを稼働させる減筒運転を実行してもよい。同様に、V 1 2 型エンジンでは、第 6、第 9、第 1 2 気筒のみを稼働させる減筒運転を実行してもよい。

【0041】

筒内温度の調整方法としては、予めメモリ 102 にエンジン運転状態に基づく目標筒内温度 T と吸気量とを制御マップとして記憶しておき、エアーフローセンサ SW 1、吸気温度センサ SW 2、アクセル開度センサ SW 6、温度センサ SW 7、SW 8 の検出値から筒内への筒内温度 T と目標吸気量になるように、制御マップから値を読取って、スロットルバルブ 47、開閉弁 44、三方電磁弁 48 の開量を調整することにより実現される。

【0042】

次に、運転領域 D_1 の範囲を決定するための制御要因について説明する。

【0043】

図 6～図 8 はコントロールユニット 100 に設定される制御条件の基礎となったクランク角度と熱発生率 $dQ/d\theta$ との関係を示すグラフである。これらのグラフは、本件発明者の研究結果によって得られたものであり、コントロールユニット 100 のメモリ 102 には、これらのグラフに基づく制御マップが記憶されている。なお各図において、破線で示す曲線はスロットル全開のときに圧縮自己着火可能な最小の燃料噴射量に設定した場合の特性、実線で示す曲線は破線と同じ筒内温度 T でノッキング限界まで空燃比を下げた場合の特性を表わしている。また、実線で示す曲線の符号は、筒内温度 T が対応する破線で示す曲線の符号に添え字を付加したものである。

【0044】

図 6 を参照して、圧縮自己着火によってエンジン 20 を無負荷状態で運転する場合、筒内温度 T は、 T_1 ($= 270^\circ\text{C}$) に設定する必要がある。この T_1 では、最大熱発生率 ($dQ/d\theta$) MAX が圧縮上死点よりも前に発生するため、このまま空燃比を下げると、逆トルクが大きくなる。また、 T_1 よりも 20°C 低い T_2 ($= 250^\circ\text{C}$) でも、依然、最大熱発生率 ($dQ/d\theta$) MAX は圧縮上死点よりも前に発生し、燃料噴射量を増やした場合、大きな逆トルクが発生する。次に、図 7 を参照して、負荷が高くなった場合、筒内温度 T は、 T_3 ($= 225^\circ\text{C}$)、 T_4 ($= 205^\circ\text{C}$)、 T_5 ($= 190^\circ\text{C}$)、 T_6 ($= 175^\circ\text{C}$)、 T_7 ($= 160^\circ\text{C}$) の各曲線で示すように、圧縮上死点以降に最大熱発生率 ($dQ/d\theta$) MAX が現れる。これらの特性から、本実施形態では、低負荷側の運転領域 D_1 においては、所定の減筒運転を実行してエンジン負荷を相対的に増加することにより、比較的低い筒内温度 T で圧縮自己着火運転が可能となるようにしている。

【0045】

次に、図 8 を参照して、各筒内温度特性 $T_1 \sim T_7$ を重ね合わせた場合、概ね熱発生率 $dQ/d\theta$ が所定の値 (約 $80 \text{ J/deg} \cdot \text{m}^3$) のところをピークとする山形のノッキング限界曲線を描くことになる。そこで本実施形態では、運転領域 D_1 と運転領域 D_2 の境界をこの所定の熱発生率 $dQ/d\theta$ (約 $80 \text{ J/deg} \cdot \text{m}^3$) に基づいて、稼働気筒の筒内空燃比が理論空燃比よりもリーンであってスロットル全開時の運転状態において、設定されるべき空燃比が $\lambda = 2$ 以下となる範囲に設定している。なお図 8 において、図の左側の直線は、各筒内

10

20

30

40

50

温度 $T_1 \sim T_7$ での燃焼開始タイミングを示しており、右側の直線は、燃焼変動率が 5 % 未満の燃焼終了 ($MFB = 95\%$) 限界を表わしている。

【0046】

ところで図 7 および図 8 を参照して、負荷状態がさらに高まり、これに伴って筒内温度 T を下げ続けると、混合気の燃焼は温度低下に比例して燃焼開始時期そのものが遅くなり、最大熱発生率 ($dQ/d\theta$) MAX は徐々に圧縮下死点に近づくようになる。そのため、図 8 で示すように、所定の低温 $T_8 (= 150^\circ\text{C})$ では、圧縮自己着火可能な空燃比が $A/F = 30$ ($\lambda = 2$) となり、最大熱発生率 ($dQ/d\theta$) MAX もクランク角度で 15° を越えたところになってしまう。そこで、本実施形態では、外部 EGR のない自然吸気エンジンの場合で、空燃比が $\lambda 2$ のところを境にして、図 5 の運転領域 D_2 の上限を決定し、運転領域 D_2 の上限を超える高負荷運転領域では、火花点火による強制着火運転を実行するように設定されている。

10

【0047】

図 9 は 1500 rpm のときの正味熱効率 ($IMEP$) と図示燃料消費率 ($ISFC$) の関係を示すグラフである。

【0048】

図 9 を参照して、運転領域 D_1 において、外部 EGR のない状態で仮に全気筒 24 を稼働させて運転した場合、図示燃料消費率は、 200 近くになってしまう。これに対して、運転領域 D_1 において、減筒運転を実行した場合、一気筒当たりの負荷の増加によって、図示燃料消費率は、大幅に低減する。

20

【0049】

さらに、同図に示すように、各運転領域 D_1 、 D_2 において、EGR ガスを導入した場合、EGR ガスの割合が多くなるほど、図示燃料消費率は、増加し、負荷が高くなるほど図示燃料消費率が低くなることがわかった。そこで、本実施形態では、高負荷側の運転領域 D_2 において、少なくとも高負荷側では、外部 EGR を導入し、燃焼を緩慢にしてノッキングを防止するとともに排気性能を向上することによって、圧縮自己着火運転が可能な運転領域 D を高負荷側に拡大するようにしている。

【0050】

以上説明したように本実施形態では、部分負荷運転領域 D では、いわゆる圧縮自己着火運転が実行されることにより、燃費や排気性能の向上を図ることができる。さらに圧縮自己着火運転が実行される運転領域 D において、所定の低負荷側の運転領域 D_1 では、一部の気筒 24 のみが運転される減筒運転が実行されるので、稼働中の気筒 24 一つ当たりの負荷が増幅されるため、比較的筒内温度 T が低温であっても、燃焼安定性が向上する。この結果、圧縮自己着火運転が最も不安定になりやすい低負荷運転領域 D_1 において、比較的低い筒内温度 T で圧縮自己着火を実現することが可能になるので、筒内温度 T を高めることによる過早着火を回避し、燃費の向上を低負荷運転領域 D_1 で維持することが可能になる。他方、運転状態が所定の負荷以上の高負荷側に移行した場合には、気筒 24 の稼働率を上げるようにしているので、高負荷時のノッキングを防止することも可能になる。

30

【0051】

また、本実施形態では、前記所定の低負荷側の運転領域 D_1 は、温間のアイドル運転時である。このため本実施形態では、運転頻度が高いアイドル運転領域から圧縮自己着火による燃費の改善と排気性能の向上とを図ることが可能になる。

40

【0052】

また、本実施形態では、既燃ガスの一部を吸気通路 46 に還流する外部 EGR システム 60 を備え、前記圧縮自己着火運転を実行する運転領域では、少なくとも高負荷側で外部 EGR を導入するとともに、前記所定の低負荷側の運転領域 D_1 では、EGR ガスの導入を停止するようにコントロールユニット 100 が外部 EGR システム 60 を制御するものである。このため本実施形態では、圧縮自己着火運転時において、高負荷側の運転領域 D_2 では、外部 EGR ガスが導入されることにより、不活性ガスによる筒内温度 T の上昇を抑制し、ノッキングを回避することができるので、圧縮自己着火運転が可能な運転領域 D

50

を高負荷側に拡大することが可能になるとともに、アイドル運転時等、低負荷側の運転領域 D_1 では、EGRガスが停止されることにより、高い燃費を維持することが可能になる。また、この低負荷側の運転領域 D_1 では、圧縮自己着火運転が実行されているので、EGRガスが導入されていなくても、高い排気性能を維持することが可能になる。

【0053】

また、本実施形態では、全気筒24が稼働している圧縮自己着火運転時にEGRガスが導入されるようコントロールユニット100が外部EGRシステム60を制御するものである。このため本実施形態では、圧縮自己着火運転時のノッキング限界をより高負荷時に拡大することが可能になる。

【0054】

また、本実施形態では、前記運転領域 D_1 と運転領域 D_2 の切換え点は、減筒の場合に稼働気筒によるノッキング発生頻度が高くなる所定の最大熱発生率 ($dQ/d\theta$) MAXに達する負荷に基づいて設定されている。このため本実施形態では、燃費のよい運転領域を多用することが可能になる。

【0055】

また、本実施形態では、コントロールユニット100によって空燃比を調整する空燃比調整手段としてのスロットルバルブ47を設け、前記部分負荷運転領域Dよりも高負荷側では、強制着火運転を実行するとともに、圧縮自己着火運転時の空燃比を理論空燃比よりもリーンになるようにコントロールユニット100がスロットルバルブ47を制御するものである。このため本実施形態では、圧縮自己着火運転が実行される運転領域Dでは、空燃比が理論空燃比よりもリーンに設定されるので、ノッキングの回避と燃費改善の両立を図ることが可能になる。

【0056】

このように本実施形態によれば、所定の低負荷側では、減筒運転が実行され、圧縮自己着火運転が最も不安定になりやすいエンジン低負荷運転領域 D_1 において、比較的低い筒内温度Tで圧縮自己着火を実現することが可能になるので、筒内温度Tを高めることによる過早着火を回避し、燃費の向上を低負荷運転領域 D_1 で維持することが可能になるという顕著な効果を奏する。

【0057】

上述した実施形態は本発明の好ましい具体例に過ぎず、本発明は上述した実施形態に限定されない。例えば、外部EGRを導入する方法としては、上述した外部EGRシステム60を作動させる方法の他、可変バルブタイミング機構40の設定を変更し、吸気弁30の開弁タイミングを排気弁31の開弁タイミングと重複させるいわゆるネガティブオーバーラップを行う方法であってもよい。

【0058】

その他、本発明の特許請求の範囲内で種々の変更が可能であることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0059】

【図1】本発明の実施の一形態に係る制御装置の概略構成を示す構成図である。

【図2】図1に係る4サイクルガソリンエンジンの一つの気筒の構造を示す断面略図である。

【図3】気筒を拡大して示す平面略図である。

【図4】図1の実施形態に係る筒内加熱システムの構成を示す構成図である。

【図5】図1の実施形態に係る運転状態に応じた制御を行うための運転領域設定の一例を示す特性図である。

【図6】コントロールユニットに設定される制御条件の基礎となったクランク角度と熱発生率との関係を示すグラフである。

【図7】コントロールユニットに設定される制御条件の基礎となったクランク角度と熱発生率との関係を示すグラフである。

【図8】コントロールユニットに設定される制御条件の基礎となったクランク角度と熱発

10

20

30

40

50

生率との関係を示すグラフである。

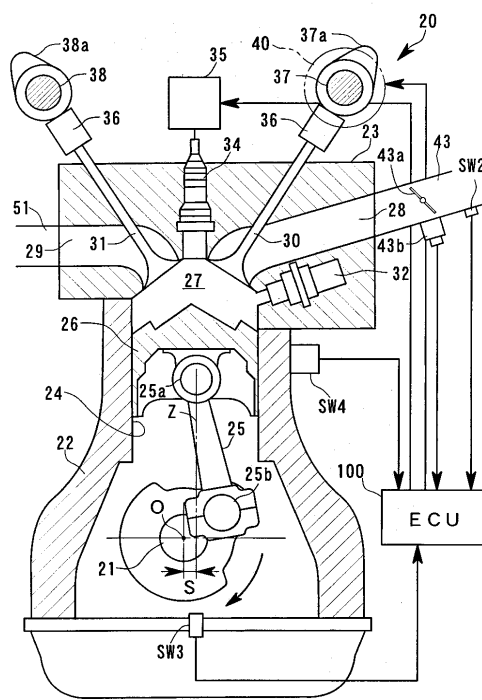
【図9】1500rpmのときの正味熱効率（IMEP）と図示燃料消費率（ISFC）の関係を示すグラフである。

【符号の説明】

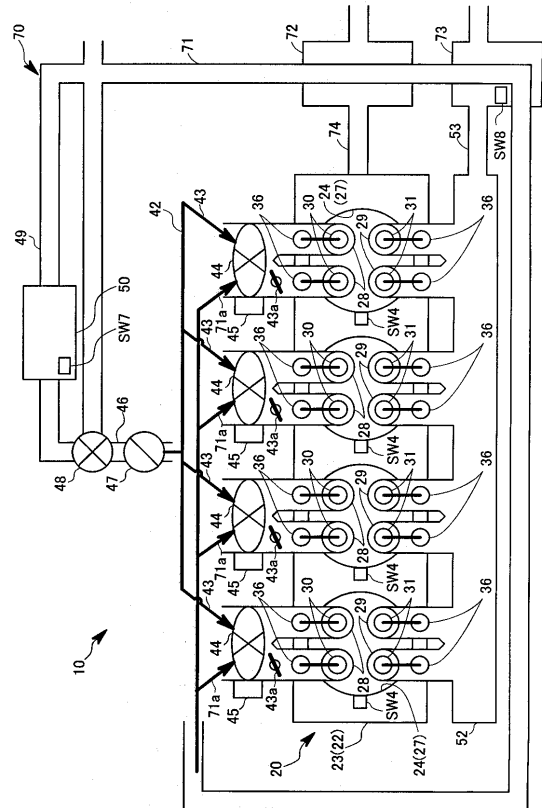
【0060】

10	制御装置	
20	4サイクルガソリンエンジン	
24	気筒	
32	燃料噴射弁	
34	点火プラグ	10
40	可変バルブタイミング機構	
50	ヒータ	
70	筒内加熱システム	
71	加熱通路	
72	冷却水熱交換器	
73	排気熱交換器	
100	コントロールユニット	
D	部分負荷運転領域	
D ₁	（低負荷側の）運転領域	
D ₂	（高負荷側の）運転領域	20
dQ/dθ	熱発生率	
(dQ/dθ) MAX	熱発生率	
N	エンジン回転数	
N1	所定回転数	
SW1	エアフローセンサ（運転状態検出手段の一例）	
SW2	吸気温度センサ（運転状態検出手段の一例）	
SW3	クランク角センサ（運転状態検出手段の一例）	
SW4	エンジン水温センサ（運転状態検出手段の一例）	
SW5	酸素濃度センサ（運転状態検出手段の一例）	
SW6	アクセル開度センサ（運転状態検出手段の一例）	30
SW7、SW8	温度センサ（運転状態検出手段の一例）	
T	筒内温度	

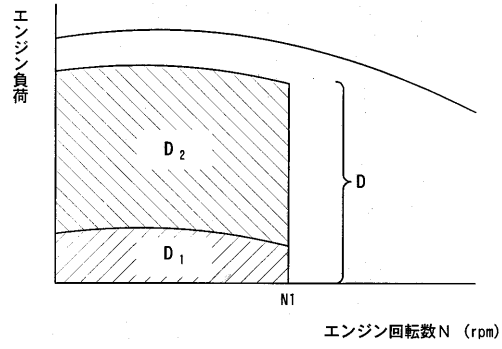
【図 2】



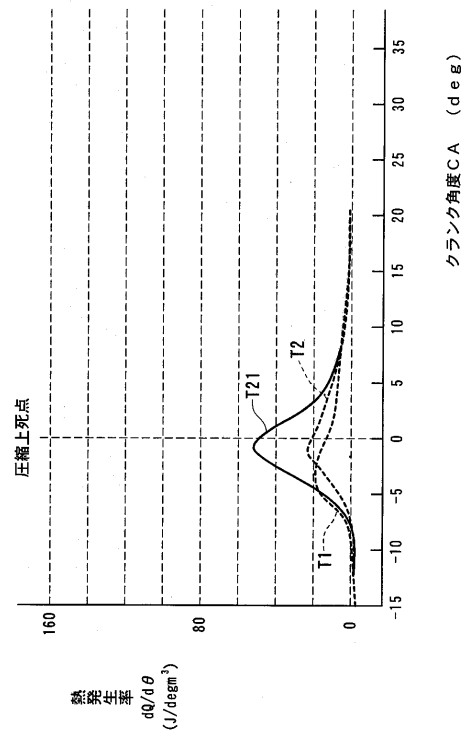
【图 4】



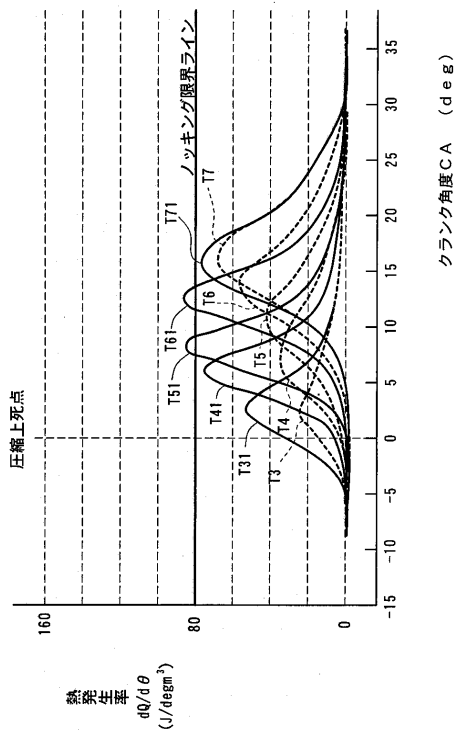
【図 5】



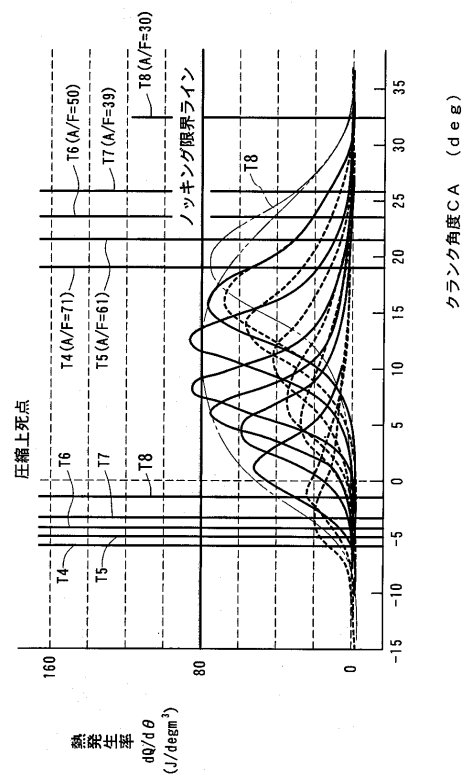
【図 6】



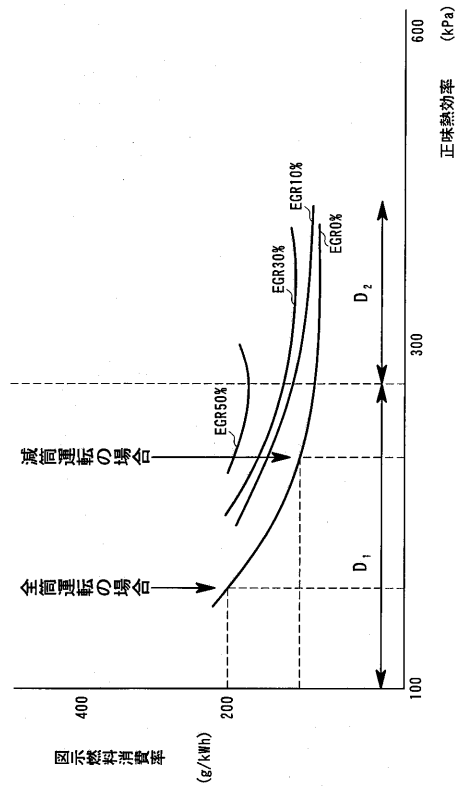
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
<i>F 0 2 D</i>	<i>41/04</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D</i> 21/08 3 1 1 Z
<i>F 0 2 D</i>	<i>43/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D</i> 41/02 3 0 1 A
<i>F 0 2 D</i>	<i>45/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D</i> 41/02 3 5 1
<i>F 0 2 M</i>	<i>25/07</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D</i> 41/04 3 0 5 C
<i>F 0 2 M</i>	<i>31/04</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D</i> 43/00 3 0 1 A
<i>F 0 2 M</i>	<i>31/08</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D</i> 43/00 3 0 1 E
<i>F 0 2 M</i>	<i>31/10</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D</i> 45/00 3 6 8 A
<i>F 0 2 M</i>	<i>31/135</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 M</i> 25/07 5 5 0 J
			<i>F 0 2 M</i> 25/07 5 5 0 R
			<i>F 0 2 M</i> 31/04 A
			<i>F 0 2 M</i> 31/08 3 0 1 A
			<i>F 0 2 M</i> 31/10 G
			<i>F 0 2 M</i> 31/12 3 0 1 G

- (72)発明者 人見 光夫
 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 荒木 啓二
 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

審査官 後藤 信朗

- (56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 3 0 8 5 6 0 (J P, A)
 特開 2 0 0 3 - 0 0 3 8 7 3 (J P, A)
 特開 2 0 0 2 - 1 3 0 0 0 6 (J P, A)
 特開 2 0 0 4 - 2 4 5 0 6 6 (J P, A)
 特開 2 0 0 4 - 3 0 0 9 8 2 (J P, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)
- | | |
|----------------|--------------------|
| <i>F 0 2 D</i> | <i>1 7 / 0 2</i> |
| <i>F 0 2 B</i> | <i>1 / 1 2</i> |
| <i>F 0 2 B</i> | <i>7 5 / 1 8</i> |
| <i>F 0 2 D</i> | <i>2 1 / 0 8</i> |
| <i>F 0 2 D</i> | <i>4 1 / 0 2</i> |
| <i>F 0 2 D</i> | <i>4 1 / 0 4</i> |
| <i>F 0 2 D</i> | <i>4 3 / 0 0</i> |
| <i>F 0 2 D</i> | <i>4 5 / 0 0</i> |
| <i>F 0 2 M</i> | <i>2 5 / 0 7</i> |
| <i>F 0 2 M</i> | <i>3 1 / 0 4</i> |
| <i>F 0 2 M</i> | <i>3 1 / 0 8</i> |
| <i>F 0 2 M</i> | <i>3 1 / 1 0</i> |
| <i>F 0 2 M</i> | <i>3 1 / 1 3 5</i> |